Aus der chirurgischen Abteilung
des Urbankrankenhauses in Berlin, Leitung Professor Dr. E. Gohrbandt

Über die Verwendung von Nahtmaterial bei der kämpfenden Truppe

Inaugural-Dissertation

zur
Erlangung des
Medizinischen Doktorgrades
an der
Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Berlin

vorgelegt von

LOTHAR NEFF
approbierter Arzt und Assistenzarzt aus Regensburg

Tag der Promotion: 10. 5. 1939

Knorr & Hirth Kommanditgesellschaft, München

M54

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Siebeck

Referent: Prof. Dr. E. Gohrbandt

Korreferent: Prof. Dr. P. Gohrbandt

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Über die Verwendung von Nahtmaterial bei der kämpfenden Truppe.

Tritt heutzutage unter gewöhnlichen Umständen ein Unfall ein, so hat der Verletzte die Aussicht, in einem aufs trefflichste ausgestatteten Krankenhause unter den Bedingungen der modernen Asepsis behandelt zu werden. In der Regel wird auch zwischen dem Zeitpunkt der Verletzung und der ärztlichen Versorgung fast niemals eine Zeitspanne liegen, die die von Friedrich aufgestellte Frist überschreitet.

Im modernen Kriege dagegen wird sich ein Verwundeter vor ganz andere Umstände gestellt sehen. Einerseits sind hier Art und Umfang der Verletzungen meist bedeutender und gefährlicher, und dabei sind die Wunden häufig durch Schmutz und Uniformteile weitgehend infiziert. Andererseits ist der Abtransport der Verwundeten vom Gang der Ereignisse abhängig, nicht selten muß die Siebenstundengrenze überschritten werden, und zuletzt erwartet den Verwundeten am Hauptverbandplatz oder im Feldlazarett an Stelle eines modernen Operationssaales ein behelfsmäßiger Raum.

Man kann daraus ersehen, daß im Kriege hohe Anforderungen an den Chirurgen gestellt werden und daß es notwendig ist, ihm das allerbeste Hilfsmaterial zur Verfügung zu stellen. Unter diesem nimmt das Nahtmaterial eine bedeutende Stellung ein.

Ziel und Zweck der folgenden Ausführungen soll es sein, soweit die Literatur darüber Aufschluß gibt, zunächst einen Überblick über das in den Kliniken verwendete Nahtmaterial und seine Bewährung zu gewinnen. Dieser Punkt ist für Krieg und Frieden von gleicher Bedeutung. Im Anschluß an die gewonnenen Ergebnisse wird die Verwendung des Nahtmaterials bei der kämpfenden Truppe ins Auge gefaßt.

Das heute verwendete Nahtmaterial kann man in zwei große Gruppen einteilen: in nichtresorbierbares und resorbierbares.

Bei den nichtresorbierbaren Fäden unterscheidet man solche natürlicher Herkunft und künstlich hergestellte. Zu den natürlichen gehören: Seide, Zwirn, Silkworm, Haare, zu den künstlichen: die Drähte sowie die synthetisch hergestellten, Kunstseide und Synthofil. Das unresorbierbare Nahtmaterial eignet sich besonders für oberfläch-

liche Nähte und weist den Vorteil auf, ziemlich sicher sterilisierbar zu sein. Zu versenkten Nähten eignet es sich nur unter sicher aseptischen Bedingungen, da sonst die Gefahr einer Fadeneiterung auftritt. Versenkt verbleibt es im Gewebe als Fremdkörper, der bindegewebig abgekapselt wird. Es besteht daher immer die Gefahr, daß es später einer tertiären Infektion anheimfällt. Die gebräuchlichsten von den nichtresorbierbaren Nähmaterialien sind zurzeit Seide und Zwirn.

Seide, ein Produkt der Maulbeerspinnerraupe, ist größtenteils ausländischer Herkunft und muß daher eingeführt werden. Ihre Herstellung erfolgt so, daß die Einzelfäden durch Flechten oder Zwirnen zum Nähfaden vereinigt werden. Zur Anwendung kommen zumeist drei Stärken: fein 0,2, mittel 0,4, stark 0,65 mm. Dabei wird sie entweder unsteril trocken auf Spulen oder Sternen oder steril in Glasampullen in den Handel gebracht.

Zur Sterilisierung der Handelsseide gibt es eine Reihe von Verfahren, die teils auf physikalischen teils auf chemischen Methoden beruhen. Ein 15 Minuten langes Erhitzen in gespanntem Wasserdampf genügt zur Sterilisation der feinen und mittleren Seide. Beim starken Faden ist ein nochmaliges 30 Minuten langes Erhitzen nötig. Nach Konrich kann diese Sterilisation am gleichen Faden bis zu 5mal wiederholt werden, ohne daß dieser beschädigt wird. Storp jedoch vertritt die Ansicht, daß die Seide beim Erhitzen auf 120° etwa 20% ihrer Reißfestigkeit verliert und auch nicht mehr genügend glatt ist, da sie beginnt, sich aufzufasern und so für chirurgische Zwecke, namentlich für Darmnähte sich nur noch sehr wenig eignet. Daher sind andere Verfahren wohl mehr zu empfehlen. Nach Kocher wird die Seide fünf Minuten in $1^0/_{00}$ Sublimatlösung gekocht, steril aufgespult und in $1^0/_{00}$iger Sublimatlösung aufgehoben. Vor dem Gebrauch muß sie noch in $1^0/_{00}$ Sublimat gekocht werden. Durch diese Anwendung wird dem Faden ein gewisser Widerstand gegen sekundäre oder tertiäre Infektion verliehen. Dieser ist aber nach Gohrbandt gering, da die antiseptisch wirkenden Quecksilbersalze sehr schnell an das Zelleiweiß gebunden werden. Die Zugfestigkeit der Seide erleidet bei 20 Minuten langem Kochen keine Einbuße, doch schadet häufiges Kochen, vor allem aber längeres Aufbewahren in Alkohol oder Sublimat. Man soll daher Nahtmaterial nicht länger als eine Woche in Sublimat liegen lassen. Zur Aufbewahrung verwendet man besser eine $1^0/_{00}$ alkoholische Lösung von Jodkali und Hydrarg.bijod. Das Cushing-Verfahren dient nach Polano zur Erhöhung der Zugfestigkeit. Wie oben wird Seide mit Sublimat gekocht und zur Weiterbehandlung 2 Minuten in Xylol und 2 Minuten in 96% Alkohol gelegt. Dann 10 Minuten langes Kochen in Wachs und Entfernen des Wachses

durch 3 Minuten langes Kochen in 1% physiologischer Kochsalzlösung. Hierauf Aufbewahrung in $1^0/_{00}$ Sublimatlösung. Der Vorteil dieser Behandlung liegt darin, daß dadurch feine Fäden von der Stärke 00 und 0 sich viel mehr verwenden lassen, da die Reißfestigkeit von 1,1 kg auf 1,7 kg, bzw. von 1,7 auf 1,8 kg heraufgesetzt wird. Der Grund hierfür ist in der glatten Beschaffenheit des Fadens zu suchen.

Sehr gute Erfolge zeigt die Sterilisierung durch Kochen in $1^0/_{00}$ Hydrargyrumoxyzyanatlösung nach Lange. Die Seide wird dazu locker in Längen von 1 bis 2 m auf Gazerollen aufgewickelt, sodann 10 Minuten lang gekocht. Die Aufbewahrung erfolgt in einer ebenfalls $1^0/_{00}$ Hydrarg.oxyzyanatlösung. Man erhält so eine äußerst zugfeste und wenig dehnbare Seide, die dazu eine äußerst geringe Reizwirkung auf das Gewebe ausübt und mit bindegewebiger Abkapselung einheilt. Sie eignet sich daher besonders zu Sehnennähten, die ein glattes Einheilen bei starker Zugfestigkeit verlangen, während bei anderen, z. B. Sublimatseide, das Antiseptikum durch seinen Gewebsreiz zu einer Spätausstoßung und so zur Störung des Heilerfolges führt. Die Oxyzyanatseide wird schon seit mehreren Jahren an der Münchner Universitätsklinik für Orthopädie verwendet und ist auch beim Heer eingeführt.

Der Seide beinahe ebenbürtig ist der Zwirn, der als Ramie- oder als Rohleinenzwirn verwendet wird. Letzterer kann jederzeit in beliebiger Menge und vorzüglicher Qualität in Deutschland hergestellt werden und hat daher die größere Bedeutung. Er wird wie die Seide in 3 Stärken geliefert: 0,2, 0,3 und 0,45 mm. Gegenüber der Seide hat er voraus, daß er sich leichter knoten läßt und in feuchtem Zustand um 10 bis 15% zugfester ist als im trockenen, da hierbei die Sprödigkeit der Pflanzenfaser eine geringere ist. Die Elastizität ist geringer als bei Seide. Ungünstiger ist dagegen bei ihm der Umstand, daß er aus pflanzlichen Fasern besteht und der Faden aus diesem Grunde weniger glatt und regelmäßig wird als der Seidenfaden, bei dem Stärke und Glätte durch die Spinndrüse des Maulbeerspinners geregelt werden. Beim Zwirn findet man daher unregelmäßige Reißzahlen infolge der Ungleichheit der Fäden. Auch die Quellfähigkeit, die einen bedeutenden Nachteil darstellt, ist beim Zwirn größer. Wenn man auch mit Erfolg versucht hat, durch Einlagerung von Kautschuk und Guttapercha diese herabzusetzen, so kann man es dennoch nicht vermeiden, daß Zellen und Keime zwischen die Fasern einwandern und den Anstoß zu einer tertiären Infektion bilden. Bei der schon vorher erwähnten Oxyzyanatseide dagegen findet man gegenüber dem Nachbargewebe eine bindegewebige Abkapselung.

Nach Storps Versuchen hat Rohleinenzwirn von 0,26 bis 0,27 mm

Stärke, der beim Heer zur Anwendung kommt, eine Reißfestigkeit von durchschnittlich 1,73 kg, nach der Sterilisation bei 105° noch eine Belastungsfähigkeit von 1,56 kg. Seide dagegen von 0,22 bis 0,23 mm verliert beim Erhitzen im Autoklaven auf 120° ohne Knoten von 0,87 kg auf 0,72 kg, mit Knoten von 0,61 auf 0,48 kg an Reißfestigkeit. Daraus ist ersichtlich, daß beim Zwirn die Hitzesterilisation ohne Schädigung für seine Zugfestigkeit durchführbar ist. Ja er verträgt sogar ohne Abnahme der Festigkeit ein wiederholtes Nachsterilisieren. Sodann ist er leichter zu sterilisieren als die Seide, er braucht nur auf 105° erhitzt zu werden. Den Grund dafür, daß Seide höhere Temperaturen verlangt, sieht Storp darin, daß diese ein vorzügliches Isoliermaterial darstellt, welches ein schnelles Vordringen der Wärme ins Innere der Fäden nicht zuläßt. Um beim Zwirn noch einen Sicherheitsfaktor für dessen Keimfreiheit zu haben, wird dieser, trotzdem 105° genügen würden, auf 120° erhitzt, zumal damit, wie schon gesagt, kein nennenswerter Festigkeitsverlust verbunden ist. Beschmutzte und durch Zerbrechen der Glasampullen neu infizierte Fäden können ohne Schaden für ihre Zugfestigkeit in 2% Sodalösung ausgekocht werden. Jedoch ist hier ein halbstündiges Kochen erforderlich, um die äußerst resistenten Erdsporen abzutöten. Da die Festigkeit beim Zwirn erheblich größer ist als bei Seide, ist man dazu übergegangen, beim Zwirn geringere Stärken zu verwenden.

Die Verpackung des Zwirns geschieht in Glasröhren. Der Zwirnfaden wird dabei aufgewickelt und zwischen zwei Wattefiltern verpackt, bei 120° in strömendem Dampf sterilisiert und anschließend drei Stunden im Trockenstand bei 80° getrocknet. Dann folgt steriler Verschluß der Ampullen und Aufbewahrung. Bei längerem Lagern verliert der Zwirn wie die Seide an Zugfestigkeit, aber es liegt die absolute Festigkeit so hoch, daß auch der mittlere und starke Zwirn nach 4jährigem Lagern noch brauchbar ist.

Silkworm besteht aus dem erstarrten Inhalt der Spinndrüse der Seidenraupe. Es muß aus dem Auslande eingeführt werden und stellt ein brüchiges, sehr starres Material dar, das sich wohl spalten und so als Nähmaterial verwenden läßt, z. B. für Nähte innerhalb der Mundhöhle. Dort ist es besser als das faulende Catgut und der Draht. Sonst dient es noch als Einlagematerial in die Lumina bei Röhrennähten. Die Sterilisierung erfolgt durch Kochen in Sodalösung.

Pferde- und Frauenhaare eignen sich besonders für Nähte innerhalb der Mundhöhle. Sie werden durch 10 Minuten langes Kochen in Sodalösung sterilisiert, längeres Kochen ist schädigend, da sie dadurch brüchig werden. Die Aufbewahrung geschieht in Paraffinöl, Glyzerin, aber auch in Form von Trockenpackungen. Im Gewebe heilen sie beinahe reaktionslos ein und üben fast keine

Fremdkörperwirkung aus. Nach 4 Monaten beginnen sie sogar langsam resorbiert zu werden.

Der Draht gehört zum künstlich hergestellten nicht resorbierbaren Nahtmaterial. Er läßt sich mit absoluter Sicherheit sterilisieren und wird überall da verwendet, wo eine ganz besondere Festigkeit verlangt wird, also bei Knochennähten und solchen Hautnähten, die unter großer Spannung stehen. Seine Sterilisierung geschieht einfach durch 10 Minuten langes Kochen in Sodalösung. Bisher kam eine ziemlich große Zahl von Metallsorten zur Verarbeitung, z. B. Silber, Kupfer, Aluminium, Eisendraht; doch im Laufe der Zeit stellte es sich heraus, daß diese sich infolge ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften als wenig brauchbar erwiesen. Die Anforderungen, die an ein Nahtmaterial gestellt werden, das für die Knochennaht Verwendung finden soll, sind doppelter Art. Einmal gilt es die stark dislozierten oder schlecht heilenden Bruchstücke durch straffen Zug zur Vereinigung zu bringen und dem Knochen gegen Belastung eine gewisse Festigkeit zu verleihen, andererseits darf der Draht, der ja als Fremdkörper im Gewebe bleibt, die Kallusbildung nicht beeinträchtigen. Die obengenannten Sorten sind durchweg gegenüber Belastung wenig widerstandsfähig. Nach Gohrbandt dehnen sich bei Belastung Aluminiumbronze, Silber, Kupfer und geglühter Eisendraht in kaltem Zustand stark, verlieren in erwärmtem Zustand erheblich an Festigkeit und vertragen relativ wenig Belastung. Ungeglühter Eisendraht dehnt sich weniger als geglühter, reißt aber schon nach geringerer Belastung.

Was ihr Verhalten im Gewebe anlangt, kann man hier 3 Gruppen von Metallen unterscheiden:

1. solche, die das Zellwachstum hemmen und Gewebskulturen von Osteoklasten zerstören. Dazu gehört z. B. Kupfer;
2. die das Wachstum wohl hemmen, die Kulturen aber nicht abtöten, z. B. Zink, Silber, Zinn, Nickel;
3. die weder das Wachstum hemmen noch die Kulturen schädigen, z. B. Gold, Blei, Aluminium.

Hieraus zeigt sich, daß gerade die chemisch am besten geeigneten Metalle physikalisch am wenigsten brauchbar sind. Besser geeignet als die reinen Metalle erweisen sich Legierungen. Verhältnismäßig ungiftig sind solche mit Duraluminium trotz ihres Gehaltes an toxischem Kupfer sowie Stahllegierungen. Dagegen sind 2 Drahtsorten als absolut brauchbar anzusprechen, der Kirschner-Klaviersaitendraht und der Kruppsche rostfreie Stahldraht.

Der Kirschner Klaviersaitendraht gewährt eine feste Naht, sodaß das behandelte Glied ohne Gefahr einer Verlagerung gleich nach der

Operation bewegt werden kann. Er wurde auf Grund seiner Festigkeit und seiner Eigenschaft, sich fest verlöten zu lassen, als Nahtmaterial ausgesucht. Bei einer Stärke von 0,75 mm reißt er in ungeglühtem Zustand erst bei einer Belastung von 82 kg, in geglühtem Zustand bei 41 kg. Trotzdem ist er in geglühtem Zustand noch immer doppelt so zugfest als die oben erwähnten Drahtsorten. Er läßt sich in diesem Zustand um vieles leichter und bequemer verarbeiten und wird daher in dieser Form vorgezogen. Das Ausglühen geschieht durch ein mehrere Stunden langes Erhitzen im Holzkohlenfeuer bis zur Rotglut und darf nie bis zur Weißglut geschehen. Der Draht wird in 3 Stärken 0,5, 0,75, 1,0 mm benützt. Um eine möglichst große Festigkeit zu gewährleisten, ist es zweckmäßig, die Drahtenden anstatt zu drehen, durch Löten zu vereinigen, wobei als Lötmasse Tinol verwendet wird. Zwischen Draht und Knochen werden Fiberplättchen eingeschoben, die schlechte Wärmeleiter sind und so die Gefahr einer Hitzeschädigung für den Knochen nach Möglichkeit herabsetzen. Man hat streng darauf zu achten, sämtliche Tinolstückchen, die in das Wundgebiet gefallen sind, zu entfernen, denn es besteht die Gefahr, daß nachträglich eine chemische Fremdkörperreizung durch das Tinol zur Eiterung führen kann. Nach Gohrbandt wird die Heilung eines Knochenbruches durch die Naht selbst bei Knochen, die zunächst nur bindegewebig zusammenheilen, nicht ungünstig beeinflußt. Der Draht bleibt aber, selbst wenn die Verfestigung schon lange eingetreten ist, noch in vielen Fällen in einem Kanal von Granulationsgewebe liegen und wird später, falls er nicht abgestoßen wird, von derbem narbigem Bindegewebe umgeben. Bei Transplantationen heilt die Drahtnaht vielfach wie bei einfachen Frakturen ein, braucht aber bei den starken Abbau- und Regenerationsprozessen längere Zeit dazu.

Nach Lange ruft der Kirschnerdraht eine beträchtliche Reaktion des Gewebes hervor, wogegen die Ablagerungen von Eisen im umgebenden Gewebe nur gering sind. Er empfiehlt zur Knochennaht den rostfreien Krupp-Stahldraht V2A, der bei großer Biegungsfähigkeit eine gute primäre und sekundäre Festigkeit gegenüber mechanischer Beanspruchung zeigt, als Fremdkörper reaktionslos einheilt und gegenüber den anderen Drähten die Kallusbildung am wenigsten hemmt. Man findet bei ihm im Vergleich zum Kirschnerdraht eine leichte Knüpfbarkeit, die auf seiner großen Biegungsfähigkeit beruht, ein festes Zusammendrehen ist ohne Gefahr eines Drahtrisses möglich, ja er verträgt zehnmal so viele Biegungen als der Kirschnerdraht. Untersuchungen von Bange und Demel haben ergeben, daß der Kruppstahldraht bei 0,8 mm Dicke 40—50 kg Zugfestigkeit besitzt, während Kirschner angibt, ein 0,75 starker Kruppdraht reiße

bei 18 kg Belastung. Praktische Erfahrungen von Demel bei 42 Knochennähten auf der Unfallstation der Eiselsbergschen Klinik ergaben eine gute primäre Festigkeit beim Anlegen und Befestigen der Naht. Auch die sekundäre Festigkeit zeigte sich als gut, sobald die mechanische Beanspruchung durch aktive Muskelkräfte einsetzte, viel eher wurde ein Zerschneiden der Knochen als ein Reißen des Drahtes festgestellt. Vor allem wertvoll ist das reaktionslose Einheilen des Kruppdrahtes, der kaum eine Fremdkörperwirkung im Gewebe zeigt, wie Untersuchungen an der orthopädischen Universitätsklinik in München ergaben. Bei der Einheilung des Kruppdrahtes findet man nur eine mäßige Reizung des umgebenden Gewebes und schon nach wenigen Wochen bildet sich eine bindegewebige Fremdkörperkapsel. Im benachbarten Gewebe bestehen nur im Verlauf der ersten Wochen Ablagerungen von Eisen, die sich später gar nicht mehr nachweisen lassen. Beim gewöhnlichen Eisendraht findet man das Eisen weit entfernt vom Draht ins Gewebe abgelagert, die Zersetzungs- und Oxydationsprozesse nehmen unter der Fremdkörperkapsel ihren Fortgang und das Gewebe wird immer wieder durch einen neuen Reizzustand beunruhigt. Die Einheilungsart des Kirschnerdrahtes steht ungefähr in der Mitte zwischen Krupp- und Eisendraht. Oxydationsvorgänge finden beim Kruppstahldraht im Gewebe nicht statt, da es sich anläßlich einer Nachoperation herausstellte, daß dessen Oberfläche, nachdem er ein Jahr im Körper gelegen hatte, noch ebenso glatt und blank aussah, wie bei der Versenkung.

Eine Hauptforderung, die an ein gutes Knochennahtmaterial gestellt werden muß, ist die, daß es auf die Kallusbildung keinen hemmenden Einfluß ausüben darf. Lexer nimmt an, daß stets ein Draht als Fremdkörper eine Schädigung des Knochens bedingt, und Magnus geht sogar so weit, daß er jegliche Dauerversenkung von Draht in der Nähe einer Fraktur ablehnt und ein besonderes Verfahren ausgebildet hat, um den Draht der Knochennaht wieder leicht entfernen zu können. Nach Kirschner kommt eine wirkliche Störung der Kallusbildung nur bei lose angelegten Drahtschlingen, nicht aber bei wirklich fest angelegten Drahtnähten vor. Er konnte bei seinen durch Draht behandelten Knochenbrüchen niemals eine Verzögerung beim Festwerden der Bruchstücke feststellen. Nach Lange spielt hierbei vor allem auch noch die Lage der Drähte eine Rolle. Es ist möglichst zu vermeiden, daß der Draht in die Nähte der Bruchflächen zu liegen kommt. Ist dies jedoch nicht zu umgehen, dann ist danach zu trachten, die kallushemmende Wirkung möglichst gering zu gestalten. Zu diesem Zwecke wurden Versuche angestellt mit Eisen-, Aluminiumbronze-, Silber-, Krupp- und Klaviersaitendraht. Es zeigte sich, daß sämtliche Drahtsorten die Kallusbildung bedeutend beein-

trächtigten, am stärksten war dies beim Eisendraht, am wenigsten beim Kruppstahldraht der Fall, Klaviersaitendraht stand in der Mitte.

Man hat schon lange versucht die bisher verwendeten Nahtmaterialien tierischer oder pflanzlicher Herkunft durch ein künstlich hergestelltes Material zu ersetzen, das gegenüber den oben erwähnten den Vorteil der Gleichmäßigkeit und absoluter Sterilität besitzt. Diesen Bestrebungen ist umsomehr beizupflichten, da ein vollwertiger Ersatz uns von ausländischem Material unabhängig machen würde und außerdem als neuer Zweig der heimischen Industrie nur wünschenswert wäre. Zum Teil wählte man als Ausgangsmaterial Kunstseide, die bekanntlich aus gelöster Cellulose gewonnen wird. Die mit Schwermetallsalzen imprägnierten Fäden erwiesen sich nach Kottlers auf das Wachstum von Staphylokokken, hämolitischen Streptokokken, Anaerobien und Typhusbazillen als stark hemmend. Auf Grund vergleichender Photogramme findet sich um diese ein bakterienarmer, bzw. bakterienfreier Hof. Die Ursache liegt in den schwer löslichen Metallverbindungen, die als sterilisierende Reagentien dadurch wirken, daß Spuren von ihnen in Lösung gehen. Die praktische Bestätigung ergaben Tierversuche und Erfahrungen am Menschen, wo die Fäden reaktionslos einheilten und selbst im infizierten Gebiet keine Stichkanaleiterungen zu sehen waren. Auf Grund klinischer Ergebnisse konnten Dürck und Roith diesen Befund für den Siriusfaden der Vereinigten Glanzstoffwerke bestätigen. Die Sterilisation der Kunstseide geschieht bei 140° und 2,5 Atmosphären. Ihrem physikalischen Verhalten nach ist sie der Naturseide noch nicht gleichwertig, ihre Reißfestigkeit in feuchtem Zustande ist stark herabgesetzt und die Elastizität beim Knoten wesentlich geringer. Durch Pergamentieren mit stark konzentrierter Schwefelsäure erzielte Lilienfeld zwar eine große Wasserfestigkeit und damit erhöhte Zugfestigkeit, doch vermißt man auch dabei die nötige Elastizität beim Knoten. Wenn auch die Versuche zeigten, daß Kunstseide eine gewisse Zahl von Vorteilen besitzt, so dürfte sie doch in den bisher aus ihr hergestellten Nahtmaterialien nicht ganz den klinischen Forderungen entsprechen.

Einen zweifellos größeren Erfolg bedeutet sicherlich die künstliche Herstellung eines unresorbierbaren Nahtmaterials des Synthofil A der Firma Braun, Melsungen. Es handelt sich um einen aus einem Kohlenwasserstoff, dem Polyvinylalkohol, hergestellten Faden, der sicher steril in den Handel kommt. Polyvinylalkohol ist eine polymere Form des Vinylalkohols; er wird über Calziumkarbid und Azetaldehyd durch Elementaranalyse von Kohle und Wasser hergestellt. Er ist ein weißlichgelbes Pulver, wasserlöslich, in den meisten organischen Lösungsmitteln unlöslich, von neutraler Reaktion. Gegen phy-

sikalische und chemische Einwirkung zeigt er sich äußerst widerstandsfähig und ist nicht fäulnisfähig. Infolge seiner großen Temperaturbeständigkeit läßt er sich leicht bei 130 bis 140° verarbeiten. Nach Braun stellt er das erste reversible Kolloid dar, das infolge seines Kettenmoleküls es ermöglicht, Fäden von hohen physikalischen Eigenschaften zu spinnen (Braun). Durch eingehende Tierversuche hat Braun gezeigt, daß Polyvinylalkohol und der aus ihm bereitete Faden völlig unschädlich für den Organismus sind. Er gab Hunden sowohl peroral wie parenteral (intravenös, intramusculär und subkutan) größere Mengen Polyvinylalkohol und konnte keinen pathologischen Befund erheben. Auch die Injektionsstellen blieben nicht druck- oder schmerzempfindlich. Seine Versuche ergaben, daß weder die Substanz noch ihre lokalen Abbaustufen den Organismus in irgendeiner Form schädigen. Der Abbau ist bei großen intravenösen Injektionen scheinbar ungünstig, der Spiegel im Blut steigt sehr stark an und der Organismus scheidet einen höheren Prozentsatz des Polyvinylalkohols wieder unresorbiert aus. Bei intramusculärer Injektion liegen die Verhältnisse günstiger, der Blutspiegel steigt durch die langsamere Zuführung wesentlich weniger schnell an, daher ist auch die Ausscheidung eine verminderte. Bei subkutaner Injektion vermag der Abbau im Körper dem Angebot im Blute Schritt zu halten und der Polyvinylalkohol wird vollständig abgebaut, so daß im Harn keine Ausscheidung mehr erfolgt. Pathologische Veränderungen zeigen sich weder beim Abbau im Organismus noch bei der Ausscheidung. Unter bestimmten Voraussetzungen entstehen bei der Verarbeitung des Polyvinylalkohols zu Fäden und anderen Gebilden solche Formen, die sich im Körper schwer oder gar nicht abbauen lassen. Die Herstellung dieser Fäden erfolgt bei einer Temperatur von 130° dadurch, daß aus einem keimfreien Ausgangsmaterial von Polyvinylalkohol eine wässerige hochkonzentrierte Paste bereitet wird, von der unter einem Druck von 100 bis 150 Atm. die Fäden gesponnen werden. Sowohl bei der Herstellung wie bei der Verpackung ist jede Berührung mit der menschlichen Hand und somit jegliche Reinfektion des sterilen Materials vermieden. Damit ist die für die Operation geforderte Sterilität des Fadens gewährleistet. Daneben besitzt der Faden, dessen Oberfläche glatt ist, eine Zugfestigkeit, die der des Catguts gleichwertig ist und im Knoten sogar diese um 40% übersteigt, so daß dünnere Fadenstärken verwendet werden können. Das Verhalten der unresorbierbaren Synthofilfäden prüfte Braun, indem er Kaninchen Fäden parallel der Rückenmuskulatur einpflanzte. Dabei quoll der Faden etwa um 10% an und bekam eine weiche Konsistenz. Die dadurch erhöhte Elastizität wird durch eine entsprechende geringe Schrumpfung des Fadens wieder aufgehoben,

es entsteht weder ein Nachgeben der Wand noch eine wesentliche Zusammenschnürung der Wundränder. Da der Synthofilfaden aus einer homogenen Masse besteht, fällt bei ihm die Auffaserung und Imbibition, die namentlich bei Seide und Zwirn störend wirkt, weg und ebenso ist dadurch eine Drainage von Flüssigkeit durch den Faden, die namentlich bei Gefäßnähten und im infizierten Gebiet zu befürchten ist, ausgeschaltet. Nach 4 Tagen entsteht um den Faden ein Saum von polymorphkernigen Leukozyten, vom 5. Tag an bilden sich Fibroblasten an der Peripherie. Nach 2 Wochen ist der Faden von einer Bindegewebeschicht abgekapselt. Eine Histolyse durch den Polyvinylalkohol im unverletzten Gewebe tritt nicht auf.

Mit diesen Laboratoriumsversuchen von Braun decken sich die klinischen Versuche, die an der Chirurgischen Universitätsklinik in Freiburg angestellt wurden. Hier wurde nach v. Brandis Synthofil bei 135 aseptischen Operationen, darunter Laparatomien, Hernienradikaloperationen, Arthrotomien usw. verwandt. Lediglich zu Magendarm- und ähnlichen Nähten nahm man noch resorbierbares Normalcatgut. Synthofil läßt sich nach seiner Ansicht infolge seiner Elastizität angenehm und weich knüpfen, nur müssen wegen seiner glatten Oberfläche die Knoten sorgfältig angezogen werden, um deren Lösung zu vermeiden. Die Knotenfestigkeit erwies sich dem Catgut ebenbürtig und ist nach v. Brandis subjektiv nach den Erfahrungen des Operateurs als sehr gut zu bezeichnen. Nach Laboratoriumsversuchen ergaben sich für die Reißfestigkeit folgende Werte (Braun):

Stärke	Fadendurchmesser	Zugfestigkeit
000	0,18—0,22 mm	1,7 kg
00	0,24—0,28 mm	2,2 kg
0	0,30—0,35 mm	3,0 kg
1	0,36—0,40 mm	4,4 kg
2	0,42—0,48 mm	6,2 kg
3	0,50—0,56 mm	8,4 kg

Die Einheilung der Fäden erfolgte in allen Fällen — es wurden während eines ganzen Jahres darüber Beobachtungen angestellt — ohne irgendwelchen Reiz, es traten keine Fadeneiterungen auf und auch im Bereich der Narben fanden sich keine Veränderungen, aus denen man auf einen Gewebsreiz etwa wie schmerzhafte Narbenknötchen hätte schließen können. Diese klinischen Erfahrungen decken sich vollständig mit den Versuchen Brauns. Für die Sterilität der Fäden spricht besonders die Tatsache, daß unter den behandelten Fällen eine große Anzahl solcher mit Gelenk- und Knochenplastiken sich befanden, die ja eine besonders große Ansprechbarkeit gegenüber Infektionen zeigen. Auch an der Leipziger Universi-

tätsklinik wurde Synthofil etwa bei 150 Operationen an allen möglichen Organen verwendet, hier sogar bei Magendarmresektionen. König erwähnt hier besonders die völlige Reizlosigkeit und absolute Sterilität des Fadens. Besonders angenehm wurde hier die Gleichmäßigkeit und Knotenlosigkeit des Fadens empfunden sowie die größere Härte als die vom Catgut. Man muß jedoch wegen der Fadenglätte darauf achten, keinen Weiberknoten zu machen, da sich dieser leicht löst. Puppel, Mainz, berichtet über 105 Laparotomien, bei denen er mit Erfolg Synthofil verwendete. Er nahm es zuerst für Hautnähte, bei denen die Fadenumgebung reaktionslos blieb, dann auch zu Faszien- und Muskelnähten, schließlich auch zu intraperitonealen Ligaturen und Uterusnähten. Sämtliche Wundheilungen erfolgten primär. Seit der Verwendung von Synthofil fielen in seiner Klinik die lästigen Bauchdeckenabszesse weg, die gerade zu der Zeit auftraten, da die Patienten entlassen werden sollten. Er gibt an, daß das Material nach einigen Wochen resorbiert werden müsse, da bei einem Fall von rezidivierendem Uterusprolaps die Fäden nach einiger Zeit verschwunden waren.

Die Aufbewahrung des Synthofils muß in einer von der Fabrik gelieferten besonderen Flüssigkeit erfolgen, damit der Faden weich und geschmeidig bleibt.

Beim nichtresorbierbaren Nahtmaterial kommt es häufig vor, daß es bei versenkten Nähten, die als Fremdkörper im Organismus zurückbleiben, trotz sterilen Nahtmaterials und tadelloser Asepsis bei der Operation zu einer Fadeneiterung kommt. Diese beruht entweder auf einer tertiären Infektion oder ist eine sterile Eiterung, die durch den Reiz des Fremdkörpers hervorgerufen wird, so daß es schließlich zur Ausstoßung des Fadens kommt. Um diese unliebsamen Zwischenfälle auszuschalten, war man auf der Suche nach einem Nahtmaterial, welches im Körper weder eine Reizwirkung ausübt, noch nachträglich von einer Infektion ergriffen wird. So kam man zum resorbierbaren Nahtmaterial. Heute verwendet man davon zwei Arten: das Catgut und das Carnofil. Bei weitem am häufigsten kommt das Catgut zur Anwendung. Es wurde zum ersten Male 1868 von Lister gebraucht, der es aus Kalbsdärmen herstellte, später nahm man Violinsaiten, die man mit desinfizierenden Lösungen behandelte, bis sich die Industrie der Fabrikation annahm. Seinen Namen hat das Catgut davon, daß es früher aus Katzendärmen hergestellt wurde, doch heute verwendet man ausschließlich Schaf- und Hammeldärme. Deren Verarbeitung geschieht folgendermaßen: Die Därme werden von ihrer Mucosa befreit, daß nur mehr Muscularis und Submucosa übrigbleiben. Diese bandartigen Reste des Darmes werden gedreht und getrocknet. Da deutsche Hammeldärme

zum Teil keine genügende Festigkeit besitzen — die Brauchbarkeit hängt von Rasse und Nahrung der Tiere ab — sind wir auf die Auslandseinfuhr angewiesen, die in der Hauptsache aus Spanien, Argentinien und England erfolgt. Ein Ausgangsmaterial, das, wie der tierische Darm, der Aufenthaltsort von einer Unzahl von Keimen und noch dazu zum Teil äußerst pathogener ist, verlangt eine gründliche Bearbeitung, wenn aus ihm ein steriles Nahtmaterial entstehen soll. Wenn auch die Mucosa entfernt wird, läßt es sich nicht vermeiden, daß sich bei der Aufschließung die Darmflora über die Muscularis ergießt. Die großen deutschen Fabriken verwenden bei der Catgutherstellung vorwiegend getrocknete Schafdärme. Einen Grad der Infektion dieses Ausgangsmaterials bietet folgende Bestimmung der anaeroben Sporenflora des getrockneten Schafdarmes (Konrich). Untersucht wurden 20 Stück 50 m langer Trockendärme aus Spanien, Argentinien und England. Es fand sich:

1.	Fränkelscher Gasbrandbazillus	20 × = 100 %
2.	Kochscher Bazillus des mal. Ödems	16 × = 80 %
3.	Pararauschbrandbazillus	3 × = 15 %
4.	Histolyticus	1 × = 5 %
5.	Putrificus verrucosus	13 × = 65 %
6.	Timis bifermentans	18 × = 90 %
7.	Tertius	9 × = 45 %
8.	Sphenoides	3 × = 15 %
9.	Multifermentans	17 × = 85 %
10.	Cochlearius	5 × = 25 %
11.	Tetanomorphus	1 × = 5 %
12.	Tetani	5 × = 25 %
13.	Lichenoides	2 × = 10 %

Die Anforderungen, die an ein einwandfreies Catgut gestellt werden, sind absolute Sterilität, reizlose Einheilung, Resorption, Zug- und Knotenfestigkeit. Da sich das bei uns verwendete Catgut nicht als den Anforderungen entsprechend erwies, wurden in den letzten Jahren von verschiedenen Seiten sowohl bakteriologische wie physikalisch-chemische Untersuchungen der zur Zeit gebräuchlichen fertigen Catgutarten vorgenommen. Knorr untersuchte 1500 m deutschen Catguts und fand, daß 80% der Proben nicht den amtlich festgesetzten Sterilitätsbegriffen entsprachen. Ein großer Teil enthielt pathogene Anaerobier, so Gasbrand und malignes Ödem. Konrich und Zeißler nahmen in den Jahren 1930 bis 1933 eine Prüfung von 44664 m in- und ausländischen Catguts auf Bakteriengehalt und Zugfestigkeit vor. Bei den Festigkeitsprüfungen, die mit einer hydraulisch betriebenen Reißmaschine ausgeführt wurden, ergab

sich, daß bei der Untersuchung der Catgutfadenstärken 4 bis 11 keine gleichmäßigen Größen für die einzelnen Fadenstärken festzustellen waren. Es ist also zwecklos, eine derartige Menge von verschiedenen Stärkegraden herzustellen. In Deutschland sind es zur Zeit 80 verschiedene. Es wird genügen, 3 Hauptstärken und darüber hinaus noch sehr feines und extra starkes Catgut zu verwenden. Eine solche zweckmäßige Einschränkung wird auch für die Fabrikation eine wirksame Entlastung bedeuten.

Bei der bakteriologischen Untersuchung ergab sich, daß über die Hälfte der Packungen unsteril waren. Unter den geprüften 34533 m deutschen Catguts waren

2670 Kleinpackungen, davon unsteril	1450 = 54,3 %
724 Großpackungen, davon unsteril	584 = 80,7 %.

Von den 8379 ausländischen Kleinpackungen = 10131,9 m waren 4798 Packungen = 57,2% unsteril. Das ausländische Material stammte aus Amerika, England, Frankreich, Italien, Spanien, Ungarn und Polen. Es ist in zugeschmolzenen Glastuben, die mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt sind, verpackt und enthält Fäden von weniger als 1 m Länge. Das deutsche Catgut ist fast ausschließlich als Trockenpackung im Handel, entweder in Form von Kleinpackungen von 2½ bis 5 m Länge oder als Knäuel oder Großpackung von 25 und 50 m Länge. Die hohe Zahl der infizierten Großpackungen gegenüber den Kleinpackungen entsteht dadurch, daß stets eine Einzelpackung im ganzen in eine Kultur gebracht wurde, so daß bei einem längeren Faden die Möglichkeit der Anwesenheit von Keimen entsprechend größer war. Bei der Bestimmung der einzelnen Keime wurden die pathogenen Keime, die vom Chirurgen besonders gefürchtet sind, vorzugsweise berücksichtigt. Es fanden sich

	im deutschen Catgut/pathogen		im ausländischen Catgut/pathogen	
Mikrokokken	20,0%	2%	14,0%	3,0%
Streptokokken	2,5	0,5	2,6	
Aerobe gramneg. Bakt.	1,0		1,0	
Aktinomyceten	2,5		1,0	
grampos.aerobe Bakt. ohne Sporen	7,0		4,0	
aerobe Sporenbildner	50,0		51,0	
Anaerobe Sporenbildner	6,0	2,5	19,0	8,0
Diphteroide Bakt.	11,0		4,0	
kleine anaerobe Sporenbildner			0,6	
		5,0%		11,0%

Es zeigt sich, daß das ausländische Catgut bedeutend mehr pathogene Keime enthält als das deusche, trotzdem beim deutschen Catgut die Desinfizientien, da sie genau bekannt sind, sämtlich entfernt werden konnten, während dies beim ausländischen nicht zutraf. Dieses war also noch mitsamt den desinfizierenden Substanzen, die wachstumshemmend wirken, in den Agar gebracht worden. Man darf aber die apathogenen Keime keineswegs vernachlässigen, selbst wenn die Zahl der pathogenen in einem Nahtmaterial sehr klein ist, denn die apathogenen sind der Indikator für die keimtötende Wirkung der in der Catgutindustrie verwendeten Desinfizientien. Außerdem könnte genau so gut an Stelle eines harmlosen Keims ein pathogener stecken.

Wenn man bedenkt, daß dieser Keimgehalt im Handelscatgut trotz strenger staatlicher Regelung der Catgutfabrikation und Sterilisation festgestellt wurde, so darf man sich nicht wundern, wenn es bei einem derartig schwierig zu behandelnden Material eine große Zahl von Verfahren gibt, um ein steriles Nahtmaterial zu erzeugen. Man unterscheidet zwei Hauptarten der Sterilisation: 1. die physikalische und 2. die chemische.

Zu Beginn des Weltkriegs war das deutsche Heer mit einem physikalisch sterilisierten Catgut ausgerüstet. Das Catgut wurde nach dem Buddeschen Verfahren in trockener Hitze von 155 bis 156° im Heißluftofen sterilisiert. Dabei war es von Wichtigkeit, daß das im Catgut befindliche Wasser (13—15%) langsam bei niedriger Temperatur ausgetrieben wird, damit der Faden nicht peptoniert und damit zerstört wird. Erfolgt das Erhitzen bis zu 160°, dann verbrennt das Material, das zur Verpackung des Fadens gebraucht wird. Durch das Erhitzen leidet die Zugfestigkeit des Catguts beträchtlich, deshalb wird diese Art wenig mehr angewendet und auch schon während des Weltkrieges wurde dieses physikalisch sterilisierte Catgut durch ein chemisch präpariertes ersetzt. Im übrigen erwies sich eine Anzahl von neuerdings untersuchten Proben von Kriegscatgut als unsteril, es läßt sich jedoch nicht mehr feststellen, ob diese schon von Anfang an unsteril waren oder ob die Infektion erst durch Naßwerden der Pappschachteln eingetreten ist.

Der elektrische Strom wird von Fellada und Comella zur Entkeimung des Catguts verwendet. Der rohe Darm oder fertiges Catgut wird in einen geeigneten Elektrolyten gelegt, durch den ein Gleichstrom von hoher Spannung und Stromstärke geschickt wird. Es soll dabei ohne Beeinträchtigung der spezifischen Eigenschaften des Catguts zu einer vollständigen Sterilität des Catguts kommen.

Hutt in Gelsenkirchen läßt heiße Alkoholdämpfe auf natürlichen ungedrehten Catgutfaden einwirken. Dieser erweist sich aber dann nicht immer als steril.

Auch ein Versuch mit Kathodenstrahlen ergab keine befriedigenden Erfolge.

Das heute verwendete Catgut ist fast durchweg chemisch sterilisiert. Als Desinfizientien verwandte man früher Karbol, Formalin, Sublimat und Chrom. Aber all diese wurden durch das Jod verdrängt. Im Jahre 1902 verwendete es als erster Claudius, indem er das Catgut mit einer Jod-Jodkali-Lösung behandelte. Voraussetzung für die keimtötende Wirkung des Jods ist die Gegenwart von Wasser. Im Benzin z.B. werden die Bakterien von Jod überhaupt nicht angegriffen, während es in wäßriger Lösung sogar durch einen Paraffinmantel dringt und darunterliegende Milzbrandsporen abtötet. Wahrscheinlich bedingt das Wasser eine Auflockerung und Quellung der Sporenmembrane und ermöglicht so das Eindringen des Jods. Eine einmalige Behandlung des Catgutfadens mit einer Jodlösung ist zur Sterilität nicht ausreichend. Am besten ist es, wenn eine Vorsterilisierung der ungedrehten Darmlamellen in einer Jod-Jodkali-Lösung vorgenommen wird. Die Jodkonzentration wird verschieden angegeben. Mayer-Nürnberg verlangt eine 1%ige Jodlösung in 2%igem Kaliumjodid zur völligen Abtötung der Keime und nachfolgende Jod-Schlußsterilisation. Kuhn geht von dem Gedanken aus, daß schon der frische Darm gleich nach dem Schlachten in reine Jod-Jodkali-Lösung (Jod 0,1%, Jodkali 0,2%) gebracht werden müsse und darin zu drehen sei. Er will dadurch vermeiden, daß Keime beim Zusammendrehen ins Innere des Fadens gelangen, wo sie einer erst später erfolgenden Desinfektion länger widerstehen könnten. Es genügt jedoch diese einmalige Sterilisierung noch nicht, es wird der fertig gedrehte und getrocknete Faden in einer 0,2% alkoholischen Jodlösung schlußbehandelt. An Stelle der alkoholischen Jodlösung läßt sich ebensogut Jod-Jodkali-Lösung und Joddampf verwenden.

Auch dieses Verfahren führt, wie Konrichs und Zeißlers Untersuchungen ergeben haben, nicht zur völligen Keimfreiheit des Catguts. Wohl läßt sich durch intensivere Jodbehandlung eine Sterilität leicht erzielen, aber das Material verliert dabei erheblich an seinen physikalischen Eigenschaften: Geschmeidigkeit, Elastizität und Zugfestigkeit. Ein Faden, der mehrere Tage in einer wäßrigen Lösung gelegen hat, kann nicht ohne weiteres in seinen ehemaligen trockenen, glatten und elastischen Zustand zurückgeführt werden,

der Faden bleibt nach dem Aufspulen plattgedrückt. Die Zeitdauer der Einwirkung ist also beschränkt, ebenso der Jodgehalt der Lösung, da bei zu hoher Konzentration der Faden zu starr wird.

Beim Heer wird die chemische Sterilisierung mit Jod und die physikalische Hitzesterilisierung zusammen angewendet. Das Rohcatgut wird zur Sterilisation in Umschläge aus glattem Filtrierpapier verpackt und in einem Mullbeutel vereinigt. Es folgt eine 24 Stunden dauernde Vorbehandlung in reinem mit 1% Benzin denaturiertem Alkohol zur Entwässerung und alsdann die Jodierung in einer Jodlösung (6 g Jod auf 1000 g mit 1% Benzin denaturiertem Alkohol) unter zeitweiligem Umrühren. Vor dem Jodieren läßt man den Alkohol abtropfen, nach der Jodierung erfolgt das Trocknen der Packungen, nachdem man den größten Teil der Jodierungsflüssigkeit ablaufen ließ, in den Zellen eines besonderen Trockenschranks durch einen starken filtrierten Luftstrom. Dabei wird auch das in dem Filtrierpapier enthaltene überschüssige Jod entfernt. Es folgt die Verpackung des so schlußbehandelten Rohjodcatguts unter Beachtung der übrigen aseptischen Maßnahmen. Ein Teil wird in viereckige Pappschachteln, mit je einem Faden in einer Schachtel, verpackt, die Schachtel mit einem Papierstreifen verschlossen. Der andere Teil wird zu je 50 Packungen in zylindrische Glasgefäße mit eingeschliffenem Stopsel gebracht, die Glasgefäße werden zugebunden und mit einer Schicht von festem Paraffin luftdicht verschlossen. Die Aufbewahrung hat in einem kühlen Raum unter Lichtabschluß zu erfolgen. Zur Verwendung gelangen dabei 3 Stärken, je 70 cm lang: 0,6, 0,45, 0,3 mm und auf 3 cm Durchmesser geringelt. Verzinnte Blechschachteln bzw. lackierte sind bei der Verpackung von Jodcatgut ungeeignet, da die Joddämpfe die Schutzschicht durchsetzen, das Schachtelblech zerfressen und auch von ungeschützten Rändern der Schachtel her die Schutzschicht zum Abblättern bringen. In den Handel kommt Catgut entweder trocken auf Pappsternen, Rahmen oder Glaszylindern oder feucht in Glasröhren und Ampullen.

In Bezug auf seine Belastungsfähigkeit ergab sich, daß bei dem aus dem Kriege stammenden Nahtmaterial die Belastungsfähigkeit sehr verschieden war. Man muß sich daher fragen, ob das Kriegsmaterial von vornherein überhaupt vollwertig war. Es wurde daher eine dauernde Kontrolle des lagernden Catguts angeordnet. Als Belastungszahlen wurden für Catgut festgelegt: stark 7,0 kg, mittel 4,5 kg, fein 2,7 kg.

Man beachte dagegen die Werte des aus dem Kriege stammenden Materials: 2,52 kg, 1,86 kg, 1,24 kg!

Der Catgutfaden wird nach Claudius schon nach einigen Monaten unbrauchbar, wenn er in wässriger Jodlösung aufbewahrt wird. Bei trockenen Faden dagegen verläuft der Zerstörungsprozeß wesentlich langsamer, daher kommt das Catgut-Nahtmaterial des Heeres bei der Schlußsterilisation nach der Behandlung mit dem hygroskopischen Alkohol in den Trockenofen. Man kann bei den jetzt niedergelegten Beständen mit einer wesentlich höheren Zugfestigkeit rechnen. Nach 2½ Jahren ergab sich eine nahezu unverminderte Belastungsfähigkeit. Ein Festigkeitsverlust ist der Wasseraufnahme beim Lagern unter Einwirkung von Säuren zur Last zu legen. Die schädigenden Säuren sind die von vielen Fabriken verwendete schweflige Säure — es wird durch sie eine schöne gelbe Farbe des Catgutfadens erzielt — und die Jodwasserstoffsäure. Nach der Schlußsterilisation soll das Jodcatgut einen Gesamtjodgehalt von 12—15% besitzen. Der Gehalt bei der Vorjodierung (3—6%) ist belanglos. Das Jod verteilt sich im Jodcatgut als freies Jod. Jodwasserstoff und Eiweißjod, die anfangs in einem Verhältnis 60 : 30 : 10 stehen. Dies verschiebt sich beim Lagern außerordentlich, die Menge an Jodwasserstoff nimmt zu, der freie Jodgehalt verschwindet allmählich fast vollständig. Dies ist von sehr großer Bedeutung für die Wirksamkeit des Jodcats im Gewebe.

Die antiseptische Wirkung des Jodcatguts beruht auf dem Vorhandensein von freiem Jod. Dieses hat aber nach Kuhn noch außerdem die Aufgabe, in seiner chemischen Bindung an die Eiweißstoffe des tierischen Gewebes die heteroplastischen und chemisch differenten Wirkungen des implantierten artfremden Eiweißes zu neutralisieren. Diese Eigenschaft geht also bei längerem Lagern allmählich verloren. Freilich darf der Jodgehalt wiederum nicht zu groß sein, da sonst eine zu starke Reizung des Gewebes stattfindet. Es ist als Desinfiziens für das Nahtmaterial ein Mittel zu wählen, das im Gewebe keine große Fremdkörperwirkung auslöst. Von der Imprägnierung ist außerdem noch die Resorbierbarkeit abhängig. In Deutschland wird daher auch das Chromsäurecatgut, das Gewebsnekrosen verursacht und noch nach Jahren nicht resorbiert ist, nicht mehr angewendet. Jodcatgut übt einen schädigenden Reiz auf das Gewebe in zweierlei Hinsicht aus. Einmal beginnt es im Tierkörper stark zu quellen, was besonders dann gilt, wenn trockenes Catgut zur Naht verwendet wird. Die Quellung beginnt nach wenigen Stunden und erreicht nach 2—3 Tagen ihr Maximum. Die trockenen Catgutarten quellen um 45 bis 85%. Ursache ist eine Wasseraufnahme, die Folge davon Dickenzunahme, Achsendrehung und Aufdrehung sowie Verkürzung. Letztere beträgt bei Kuhns Jodcatgut 7% (Hühne). Die Dickenzunahme übt auf das umgebende Gewebe einen Druck aus, was zur Nekrose führen

kann, ebenso die Verkürzung. Man muß daher bei Ligaturen und Nähten darauf achten, nicht zu fest zu knüpfen, um ein zu starkes Einschneiden zu vermeiden. Um ein Aufdrehen zu verhindern, darf man die Fadenenden nicht zu kurz abschneiden. Eine andere Reizung wird durch den hohen Salzgehalt des Catgutfadens ausgelöst. Infolge der höheren Konzentration kann er eine Wasseranziehung aus dem Gewebe erwirken, so daß um den Faden ein Serom, d. h. eine Ansammlung seröser Flüssigkeit auftritt. Da dieses 2—3 Wochen bestehen bleibt, kann erst nach dieser Zeit eine Resorption eintreten, denn es bewirkt die Trennung des Fadens vom resorptionsbereiten Gewebe.

Die Resorption des Catguts erfolgt nach Anlagerung an das aufnehmende Gewebe. Es sammeln sich um den Catgutfaden Leukozyten und lymphoide Zellen und dringen in die feinen Spalträume ein. Gleichzeitig erfolgt eine Verdauung durch die Fermentwirkung der zerfallenden Leukozyten. Den Leukozyten folgen Zellen mit dicken ovalen Kernen (Aschhoffsche Histiozyten), zwischen denen Reste von Catgutsubstanz liegen bleiben, die von Riesenzellen aufgelöst werden. In diese histiozytäre Zone sprossen Capillaren und nach dem Nachbargewebe zu bilden Fibroblasten ein festeres Granulationsgewebe. Darauf Übergang vom Granulationsgewebe zur Narbe. Die Dauer der Resorption hängt vom verwendeten Nahtmaterial, vor allem von der Dicke des Fadens und seinem Gehalte an Imprägnierungsmitteln ab. Am schnellsten zerfällt nichtimprägniertes, nur physikalisch durch Hitze sterilisiertes Catgut, stark imprägniertes ist oft noch nach einem halben Jahr nachzuweisen. Jodcatgut wird gewöhnlich nach 8 bis 12 Wochen resorbiert. Nicht verwechseln darf man Quellung und Resorption. Infolge der starken Imbibition drehen sich Nähte auf und können im Gewebe verschwinden, so daß es den Anschein haben könnte, die Fäden wären resorbiert. Die Resorption darf auch nicht zu früh eintreten. Durch Annäherung der Wundränder durch die Naht entsteht ein ständiger Zug an dem Gewebe, der wieder einen ständigen Gegendruck gegen den Catgutfaden ausübt. Die Resorption darf erst dann in stärkerem Maße eintreten, wenn die Wundränder vereinigt sind und der Druck gegen den Catgutfaden aufgehört hat. Voraussetzung hierfür ist eine entsprechende primäre Zugfestigkeit des Fadens und das Nichtaufdrehen des Knotens. Nach Gohrbandt hat ein Catgutfaden im Gewebe, der unter Spannung steht, nach 10 bis 12 Tagen seine Zugfestigkeit verloren.

Bei einem chemisch desinfizierten Nahtmaterial ist es wichtig, das Verhalten des Antiseptikums im Gewebe zu kennen. Das freie Jod wirkt auf etwa vorhandene Bakterien wachstumshemmend und in der Wunde keimtötend, dies ist besonders für infizierte Wunden von

Bedeutung. Der Reiz, den es auf das Gewebe ausübt, wurde schon oben besprochen. Der Organismus antwortet mit einer Ansammlung von Leukozyten und seröser Flüssigkeit, wodurch Jod und alle Desinfizientien aus dem Catgutfaden ausgelaugt werden. Nach Knorr hat diese Entgiftung bereits nach 1 bis 3 Tagen, auch bei dicken Fäden, stattgefunden. Befinden sich aber innerhalb des Catguts noch Sporen, die durch den chemischen Desinfektionsprozeß noch nicht abgetötet wurden, und dies ist nach Knorr bei 80% des Nahtmaterials der Fall, so können sich diese entwickeln und ihr Wachstum fortsetzen, nachdem die hemmende Wirkung des Antiseptikums beseitigt ist. Gerade die Wirkungen des Weltkriegs haben gezeigt, daß totes Gewebe und Fremdkörper eine Vorbedingung für das Zustandekommen einer anaeroben Infektion, z.B. Tetanus und Gasbrand, sind. 1928 wurden 7 Fälle von Tetanus, die durch sporenhaltiges Catgut verursacht wurden, beschrieben. Man könnte nun meinen, daß unter diesen Voraussetzungen — Vorhandensein eines tierischen Fremdkörpers, Gewebsreiz und Bakterien — eine Infektion durch das versenkte Catgut verhältnismäßig häufig vorkommen müßte. Dem ist aber nicht so. Das Zustandekommen einer Infektion beruht einmal auf der Reaktionsbereitschaft, Disposition des Individuums, andererseits auf der Wirksamkeit der Bakterien und ihrer Toxine. Ein durch Krankheit oder Strapazen geschwächter Körper wird weniger Abwehrkräfte gegen die Erreger mobilisieren können als ein gesunder, ausgeruhter. Bei den im Catgut befindlichen Bakterien hinwiederum ist die Menge relativ gering und die Keime sind durch das Desinfektionsmittel bei der Catgutfabrikation so stark in ihrer Vitalität geschädigt, daß sie im allgemeinen den Abwehrkräften des menschlichen Körpers unterliegen. Diese Ansicht wird durch die Versuche Löhrs an 600 Tieren bestätigt, daß selbst die allergefährlichsten Keime und Sporen nur dann aufwachsen können, wenn sie im Besitz ihrer spezifischen Toxine sind. Nach Zerstörung dieser bleiben selbst die giftigsten Stämme von Tetanus, Botulismus, Gasbrand und malignem Ödem in selbst empfindlichen Meerschweinchen wirkungslos. Die in der Industrie verwandten Desinfizientien genügen zwar nicht zur Abtötung der Keime im Catgut, aber doch wahrscheinlich zur Zerstörung ihrer Toxine.

Da Catgut, welches mit Jod imprägniert ist, eine Reihe von Mängeln aufweist, so Gewebsreizung, Quellung, Keimgehalt, Verminderung der Zugfestigkeit und Desinfektionskraft beim Lagern, wurden in der letzten Zeit verschiedene andere Verfahren erprobt, um Catgut zu sterilisieren. Von Linden empfiehlt die Imprägnierung mit Kupfer. Dieses hat wohl eine hohe oligodynamische Wirkung, setzt aber einen viel stärkeren Gewebsreiz als Jodcatgut und quillt nach

Hühne um 100 bis 120%. Es erfolgt regelmäßig eine Ödembildung in der Nachbarschaft des Fadens, sogar Nekrosen in der Breite des Fadens. Nach Entfernen des Kupfers wachsen Keime aus; ein Zeichen dafür, daß Kupfer nicht in der Lage ist, die im Catgut vorhandenen Keime abzutöten. Es hemmt das Auskeimen der Sporen, daher entsteht um den Kupferfaden ein steriler Hof.

Hühne wählt zur Sterilisation von Catgut ein Desinfiziens, das aus Methylviolett und Malachitgrün besteht, von blauer Farbe ist und Blauöl genannt wird. Dieses Blauölcatgut wird durch die Gewebswirkung nicht wie die andern Arten ausgelaugt und behält auf diese Weise seine desinfizierende Kraft. Durch die Imprägnierung des Blauölcatguts mit einem Öl, dessen Zusammensetzung nicht angegeben wird, kann man die Quellung des Fadens verhindern. Dadurch bleibt wiederum die Zugfestigkeit erhalten. Das Quellungsvermögen beträgt nur so viel wie das der Seide, während gewöhnliches Catgut etwa dreimal so stark aufquillt. Das Auftreten von Drucknekrosen sowie das Aufgehen der Knoten wird dadurch ebenfalls vermieden. Zum Nachweis dafür diente folgender Versuch: Es wurden um einen Laminariastift verschiedene gleichdicke Catgutfäden mit doppeltem Knoten geknüpft, diese darauf in Serum gebracht und in den Brutschrank gestellt. Nach 12 Stunden hatte Blauölcatgut tiefe Furchen in den gequollenen Laminariastift eingeschnitten, nach 4 Tagen war keine Änderung zu verzeichnen. Von den übrigen Sorten hatte Volljodcatgut weniger tief eingeschnitten, hielt aber im Gegensatz zu den übrigen Arten, die schon nach 12—24 Stunden lose über dem stark gequollenen Laminariastift lagen. Die Resorption ist dabei nicht verlängert, sondern nach 3—4 Wochen vollzogen. Die Reizwirkung der Desinfektionsmittel auf das Gewebe ist gering. Methylviolett wird sonst als Fettfarbe benützt, besitzt desinfizierende Kraft und ist nach Witt auch in großen Mengen unschädlich; Malachitgrün besitzt nach Ehrlich und Dehring große Desinfektionskraft und wird auch zu Pleura- und Gelenkspülungen verwendet. Als Farbstoffe schädigen sie das Gewebe nicht, sondern töten lediglich die Keime ab. Ein Serom entsteht bei Blauölcatgut nicht. 1929 wurde es in der chirurgischen Universitäts-Poliklinik Leipzig erprobt und war nach einem Jahr in sämtlichen Fällen primär eingeheilt. Nach Entfernung des Fadens erfolgte keine Sekretion bei Hautnähten, Fascien- und Darmnähte zeigten einen tadellosen Halt.

Von Bedeutung ist noch die biologische Sterilisierung nach Zeißler mit Säurezusatz. Dabei wird das vorbehandelte Rohcatgut, in dem noch resistente Sporen enthalten sind, in eine Nährlösung gebracht, in die die Sporen nach 10 Tagen ausgekeimt sind. Im sauren Milieu können keine neuen mehr entstehen und die vegetative Form, die

Bakterien, sind dann mit einer Schlußdesinfektion leicht abzutöten. Es gibt, wie man sieht, eine große Zahl von Möglichkeiten, das Catgut steril zu machen. Aber bis jetzt ist kein Verfahren in der Lage, ein einwandfreies Nahtmaterial herzustellen. Mit einer relativen Sterilität darf sich aber der Chirurg nicht begnügen, hat doch der letzte Krieg gezeigt, welch große Mengen von Catgut für das Heer gebraucht wurden und wie verschieden sich die Qualität der einzelnen Packungen zeigte. Es darf nicht vorkommen, daß Faden beim geringsten Zug wie Zunder zerfallen oder versorgte Wunden infolge zu schlechten Catguts platzen. Freilich ist es unmöglich, eine vollkommen scharfe Kontrolle des Nahtmaterials durchzuführen. Infolgedessen besteht immer noch die Gefahr, daß zeitweise minderwertiges Catgut hergestellt wird. Es muß daher die Forderung nach einem sterilen und mechanisch brauchbaren Catgut unter allen Umständen aufrechterhalten werden. Da man besonders bei infizierten Wunden schwer auf ein antiseptisch wirkendes Catgut verzichten kann, das bisher mit keimtötenden Mitteln behandelte Catgut sich aber nicht als keimfrei erwiesen hat, schlägt Storp mit Recht vor, dieses erst mit Hitze zu sterilisieren und dann mit einem Desinfiziens zu imprägnieren.

Bost versuchte das Catgut durch ein resorbierbares Nahtmaterial, welches aus rohem Pferdemuskelfleisch besteht und dem man den Namen Carnofil gegeben hat, zu ersetzen. Im Gegensatz zum Catgut, welches seinen Ausgang vom stark mit Keimen behafteten Darm nimmt, ist beim Carnofil das Ausgangsmaterial absolut keimfrei. Das Rohmaterial, welches aus rohem Pferdemuskelfleisch besteht, sieht ungefähr kleinen Flachsbündeln ähnlich und besitzt unbegrenzte Lagerfähigkeit, da es nicht fäulnisfähig ist. Kocht man die Fasern, dann entsteht nicht wie bei Catgut eine Gelatine, es löst sich kaum etwas. Wenn sich bei der Rohfaser Keime bilden, so können diese lediglich durch den Gang der Verarbeitung, also durch Hände und Maschinen oder die Luft hinzugelangt sein. Dieser Punkt spielt für die Sterilisierung von Carnofil eine ausschlaggebende Rolle, da dieses sich ja vermeiden oder zumindest auf ein Minimum einschränken läßt. Die Verunreinigung durch Sporen wird sich immer vermeiden lassen. Die Entkeimung der Rohfäden erfolgt durch die Einwirkung von einer stark konzentrierten wässerigen Jodlösung für mindestens 4 Tage, bis alle Keime abgetötet sind. Bost verlängert noch, um ganz sicher zu gehen, die Zeit, die zur Keimtötung erforderlich ist, noch um ein Drittel. Auf diese Weise bewirken auch große Fehler, welche eventuell zufällig bei der Fabrikation, z. B. beim Spinnen des Fadens, sich ereignen könnten, keine Infektion des Nahtmaterials. Die chemisch physikalische Beschaffenheit der Carnofil-

faser verträgt ohne Schädigung eine eingehende Behandlung und gewährt infolge der leichteren Zugänglichkeit für entkeimende Mittel eine völlige Sicherheit. Die Verarbeitung des Fadens erfolgt durch Zwirnen von Einzelfäden; auf dem Querschnitt erscheint das Bild eines Kabels, wodurch die Zugfestigkeit erhöht wird, während das Catgut nur zusammengedreht wird. Nach dieser Behandlung folgt ein Schönungsprozeß, indem der Faden poliert, gefettet, geschmeidig und hart gemacht wird. Dabei wird darauf geachtet, daß zu all diesen Arbeiten keimfreies oder keimwidriges Material verwendet wird, so daß eine Nachsterilisierung des Fadens keine erheblichen Leistungen mehr verlangt. Nach den bakteriellen Untersuchungen von Drigalski zeigt es sich, daß die Hälfte des Nahtmaterials bereits nach diesen Prozeduren schon keimfrei ist, sie ergaben bei einer Aussaat im Nährboden kein Wachstum. Bost wendet zum Schluß nochmals eine Entkeimung an, bei der auch noch die äußere Beschaffenheit des Fadens eine Verbesserung erleidet und zwar läßt er das Antiseptikum doppelt so lange einwirken, als es nach Laboratoriumsversuchen in bakteriologischen Instituten erforderlich wäre. Es handelt sich um ein tatsächlich steriles Material, das in allen Stärken lieferbar ist und Knotenfreiheit bei allen Längen aufweist. Nach Ansicht von Bosse und Bertelsmann eignet es sich ausgezeichnet für alle Operationen, die früher mit Catgut ausgeführt wurden. Es übt keine mechanische oder chemische Reizwirkung auf das Gewebe aus, quillt nicht wie Catgut, es entstehen auch nicht bei Carnofil die gewohnten Drucknekrosen. Für bessere Wundheilung ist es sicher nicht unwichtig, daß Bost seinen Faden mit einem Fettgemisch imprägniert, welches zu einem Drittel aus frischem rohem Lebertran besteht. Nachdem Löhr gezeigt hat, daß gerade Verletzungen, die keine Tendenz zur Heilung hatten, durch Lebertransalbenbehandlung infolge der günstigen Wirkung der enthaltenen Vitamine A und D zur Heilung kamen, ist es durchaus denkbar, daß der Lebertrangehalt im Carnofil die Wundheilung begünstigt.

Man könnte vielleicht denken, durch Verwendung von artfremdem Eiweiß aus Pferdemuskeln bestünde die Gefahr einer Anaphylaxie bei überempfindlichen Patienten. Eine solche Möglichkeit besteht aber nach Untersuchungen von Schmidt-Lange am Münchner Hygienischen Institut nicht. Es wurde auch keine Überempfindlichkeit auch nur in angedeuteter Form festgestellt. Um selbst für einen solchen Fall sicher zu gehen, wird Carnofil auch aus Rinderfleischfasern hergestellt.

Wie beim Jodcatgut wurden auch hier Stimmen laut, die fürchteten, es würde in manchen Fällen von Jodüberempfindlichkeit bei der Anwendung von Carnofil zu unangenehmen Folgen infolge seines

Jodgehaltes kommen. Dieser ist jedoch bei den versenkten Fäden so unbedeutend, daß er nicht ins Gewicht fällt. Bisher ist noch kein derartiger Fall bekannt geworden.

Bosse, der seit längerer Zeit Carnofil verwendet, hebt die geringe Quellfähigkeit des Carnofils lobend hervor. Auch tritt nach seiner Ansicht die Resorption erst später ein. Zieht man nach etwa 9 Tagen an einem Carnofilfaden, der zu einer Hautnaht verwendet wurde, so spürt man noch einen Widerstand, der sich aber überwinden läßt, und man kann den Faden entfernen. Es zeigt sich, daß er sich an seinen beiden versenkten Enden konisch verjüngt, es ist also eine Resorption eingetreten. Er verwendete Carnofil bei über 200 Leibschnitten, Bertelsmann gebrauchte es unbesorgt zu Darmnähten und Magendarmresektionen, ohne dazu noch Seide oder Catgut zu benützen. Im Stichkanal bei Hautschnitten bildet sich bei Carnofil im Gegensatz zu Catgut kein Eiter, höchstens eine seröse Flüssigkeit. Auch zeigen diese keinen entzündlichen Hof. Bei seiner Verwendung erweist es sich als etwas rauher als das Catgut. Unangenehm ist dies bei Nadeln mit federndem Öhr, der Faden läßt sich hier nicht herausziehen, man muß bei ihm eben solche mit einfachem Öhr benützen, dagegen ist der Faden griffiger und man verliert auch nicht im Gummihandschuh das Gefühl, was sich bei Fettleibigen als Vorteil erweist. Sehr angenehm fällt das Fehlen von Knoten und die Gleichmäßigkeit des Fadens auf. Er ist knotensicher und ebenso zugfest wie mittleres Catgut. Carnofilfäden schneiden nicht wie Seide ins Gewebe ein, bei der oft noch sehr lange häßliche quere Narben zu sehen sind. Bei dem großen Sprengstoffunglück in Rheinsdorf 1935 hatte Bosse einen großen Teil der Verwundeten zu versorgen. Er ließ alle Wunden mit Carnofil nähen und hatte dabei sehr gute praktische Erfolge.

Die Verpackung von Carnofil ist besonders für Feldverhältnisse außerordentlich praktisch. Eine runde Bakelitpackung enthält bei einem Durchmesser von 6 cm und einer Höhe von 5 cm 50 bis 100 m steriles Nahtmaterial. Man kann Carnofil sofort trocken verwenden, es quillt im Organismus nur sehr schwach. Die Schachtel kann bequem überall mitgeführt werden, so auch in der Tasche. Das Carnofil bleibt auch nach dem Anbrechen in der Packung stets steril, wenn man nach dem Gebrauch die Innenseite des Deckels und den zweiten Verschluß mit einem Alkoholtupfer abwischt, den Alkohol verbrennt und den Deckel wieder verschließt. Der verkohlte Faden ist noch genügend fest, um an ihm leicht anziehen zu können.

Nun hat Arendt die Frage aufgeworfen, ob das Ausgangsmaterial absolut steril ist, da im Pferdemuskel das invisible Virus der Anaemia infectiosa, eine ähnlich der Biermerschen Anaemie verlaufende Krank-

heit der Pferde, vorkommt. Diese Krankheit, die noch vor dem Kriege selten war, wurde während des Krieges durch die Amerikaner eingeschleppt und ist auch auf den Menschen übertragbar. Die Pferde können, ohne klinisch krank zu sein, das Virus längere Zeit beherbergen, so daß der begutachtende Tierarzt am Pferdemuskel keine Veränderung zu finden braucht. Außerdem ist das Virus außerordentlich widerstandsfähig, hält sich z. B. im eingetrockneten Blut bis zu 5 Monaten. Eine 60 Minuten lang einwirkende Temperatur von 56° tötet dasselbe noch nicht ab. Es besteht daher durchaus die Gefahr der Übertragung dieser Krankheit auf den Menschen. Nach Geißendorfer ist aber eine derartige Infektion bisher niemals bekannt geworden und auch nicht möglich.

Bei der Auswahl eines geeigneten Nahtmaterials kommen in Friedenszeiten nur chirurgische Erwägungen in Betracht, im Kriegsfalle dagegen ist ein ganzer Komplex von Fragen zu beantworten. Im Kriege ist das ärztliche Handeln durch die ungewohnten Arten der Verwundungen und durch die erschwerenden Bedingungen, unter denen die ärztliche Versorgung stattfinden muß, vor neue Aufgaben gestellt. Außerdem treten Probleme auf, die ihre Wurzel in der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit des eigenen Landes haben und sich mit folgenden Worten kurz ausdrücken lassen:

1. Friedensvorbereitungen,
2. Gestaltung der Herstellung des Nahtmaterials im Kriege,
3. Rohstoffbeschaffung im Kriege.

Unsere Aufgabe ist es nun, zunächst die ärztliche Seite dieses Problems ins Auge zu fassen. Ziel unserer Untersuchungen müssen die speziellen kriegschirurgischen Fragen sein, um zu ersehen, welche Nahtmaterialien für die kämpfende Truppe erforderlich sind. Sodann gilt es zu prüfen, ob die unserem Volke in Krieg und Frieden zur Verfügung stehenden Mittel ausreichend sind, damit man die nötigen Erzeugnisse bereitstellen kann.

Wenden wir uns den kriegschirurgischen Fragen zu, so handelt es sich hier, wie bereits erwähnt, um Verletzungen, die hinsichtlich ihrer Entstehungsweise, Art und Ausdehnung wesentlich anderer Art sind, als wir es im Frieden gewohnt sind. Haben wir es doch im allgemeinen mit Schußverletzungen, angefangen mit einfachen Streifschüssen bis zu komplizierten Schußfrakturen, Organverletzungen, mehr oder weniger großen Gewebszerreißungen, infizierten und nichtinfizierten Wunden zu tun. Wegen dieser Art der Wunden wird es nicht immer leicht sein, diese alle sofort primär zu versorgen, man wird sich häufig wegen der großen Gefahr der Anaerobier-Infektion mit Situationsnähten und lockerem Verschlusse der Wunden begnügen müssen und erst später die verzögerte sekundäre Wundnaht vornehmen. Diese besteht darin, daß nach drei oder mehr Tagen, wenn keine entzündlichen Erscheinungen vorliegen, die Wundränder angefrischt und vernäht werden.

Einen weiteren gänzlich neuen Faktor bildet der Rücktransport der Verwundeten, die damit aus der Hand des behandelnden Chirurgen gelangen. Wenn auch gefordert ist, eine primär versorgte Wunde nicht vor 14 Tagen zu entlassen, so werden doch häufig Fälle eintreten, bei denen diese Forderung nicht eingehalten werden kann. Als ein Beispiel dafür denke man sich die Lage bei einer Durchbruchsschlacht, sei es, daß dabei der Gegner im Vorrücken ist und das Lazarett weiter nach rückwärts oder bei eigenem Vordringen

weiter nach vorne verlegt werden muß. Die Verwundeten haben dabei sämtliche Unannehmlichkeiten, die ein Transport mit sich bringt, der vor allem den verletzten Körperteilen die unbedingt erforderliche Ruhigstellung unmöglich macht. Und außerdem, was bei diesen Verwundeten nicht weniger von Bedeutung sein wird, kommen sie in völlig neue Hände, denen die Ausdehnung und Art der Verletzung aufs erste nicht bekannt ist.

Nach diesem kurzen Überblick über die Verhältnisse im Kriege muß in Erwägung gezogen werden, welche Arten von Nahtmaterialien uns bei der kriegsmäßigen Wundversorgung zur Verfügung stehen müssen. Dabei ist es nötig zu prüfen, welche Materialien erstens zur Wundnaht sich eignen, zweitens, ob diese im Kriege aus technischen und wirtschaftlichen Gründen von uns in erstklassigem Zustand und in ausreichender Menge beschafft werden können.

Die klinischen Forderungen, die wir an das Kriegsnahtmaterial zu stellen haben, sind ebensohoch wie die unter Friedensbedingungen, ja, was ihr Verhalten im Wundgebiet anlangt, noch höher zu stellen. Wir haben von ihnen völlige Sterilität, Reizlosigkeit im Gewebe, Zug- und Knotensicherheit zu verlangen. Diese klinischen Eigenschaften der einzelnen Nahtmaterialien sind im ersten Teil bereits besprochen.

Bei der Betrachtung hinsichtlich der Verwendung des Nahtmaterials bei der kämpfenden Truppe interessieren uns neben den technischen auch die wirtschaftlichen Fragen, deren Bedeutung im Kriegsfalle nicht unterschätzt werden darf. Der plötzliche Einsatz einer großen Anzahl von Lazaretten verlangt über Nacht das Vorhandensein eines äußerst großen Vorrates an Nahtmaterial, der wiederum bereits nach kurzer Zeit ergänzt werden muß, da besonders in den Anfangstagen eines Krieges der Anfall an Verwundeten meist äußerst hoch ist. Von der Größe des Bedarfs kann man sich ein ungefähres Bild machen, wenn man bedenkt, daß im Weltkrieg 1914/18 auf deutscher Seite allein 5½ Millionen Verwundete zu versorgen waren. Diese Frage der Bevorratung und Ergänzung des Kriegsbedarfes ist insofern auch weitgehend von Bedeutung, als dieser Bedarf zusätzlich zum Heimatverbrauch, der wie zu Friedenszeiten unverändert weiterläuft, geliefert werden muß.

Aus diesen Überlegungen heraus müssen wir an unsere Industrie die Aufgabe stellen, in der oben erwähnten kurzen Zeit den Nachschub zu sichern. Den Umfang desselben können wir uns am Kriegsbedarf der Jahre 1914 bis 1918 ungefähr errechnen.

Außerdem ist zu fordern, daß die in den Anfangstagen eines Krieges nötigen Mengen von Nahtmaterial stets in gutem Zustand vorrätig sind; denn es wird nicht möglich sein, im Ernstfalle diesen Bedarf noch schnell herzustellen und zu verteilen.

Neben der Bereitschaft und Leistungsfähigkeit der Industrie spielt die Beschaffung der Rohstoffe, die zur Herstellung des Nahtmaterials nötig sind, eine wichtige Rolle. Die Bedeutung dieser Fragen wird klar, wenn man bedenkt, daß eine große Menge unserer Nahtmaterialien — darunter das wichtige Rohcatgut — zum größten Teil aus dem Ausland eingeführt werden muß und daß in Kriegszeiten die Auslandseinfuhr äußerst erschwert sein wird.

Soll daher die Versorgung der kämpfenden Truppe mit Nahtmaterial sichergestellt sein, so muß dafür gesorgt werden, daß schon im Frieden neben fertigem Nahtmaterial so reichliche Vorräte an Rohstoffen eingelegt werden, daß sie selbst für einen längeren Krieg ausreichend erscheinen.

Wohl ins Auge zu fassen ist auch die Haltbarkeit der vorhandenen Materialien — es handelt sich in erster Linie um Zugfestigkeit und Sterilität. Da diese Haltbarkeit nicht unbegrenzt ist, muß nach Ablauf einer Frist, die sich aus gründlichen Beobachtungen ergibt, das gelieferte Material durch neues ersetzt werden. Damit der Verlust durch Verderben etwas herabgesetzt werde, kann ein Teil dieses Materials vor Ablauf der erwähnten Frist den Wehrmachtslazaretten zur Verwendung zugeführt werden. Dieser Verbrauch wird sich allerdings nicht stark auswirken. Größer wäre aber der Vorteil, wenn auch die Zivilkrankenhäuser sich diesem Verfahren anzuschließen hätten. Ohne Zweifel bedeutet die ständige Erneuerung unverbrauchten Materials eine erhebliche Belastung für den Staatshaushalt.

Erheblich geringer würde der Verlust sein, wenn es gelänge, sich von der Auslandseinfuhr unabhängig zu machen. Es würde dies dadurch möglich werden, daß man inländisches Material als Ausgangspunkt verwendet. Dadurch brauchte nur der Vorrat für die ersten Kriegstage bereitgestellt zu werden, bis die Industrie in der Lage ist, den Nachschub zu sichern.

Äußerst anerkennenswert ist es daher, daß bereits verschiedene Firmen versucht haben, an Stelle des von der Auslandseinfuhr abhängigen Catguts einheimisches Material zu verwenden. So hat Bost aus Pferde- und Rindermuskelfasern sein resorbierbares Carnofil hergestellt. Es sind jedoch die Ansichten über dessen Hochwertigkeit sehr geteilt und in vielen Kliniken, wo es versuchsweise verwendet wurde, ist man wieder zum Catgut zurückgekehrt. Außerdem spielt das Ausgangsmaterial — wir brauchen nur an die Weltkriegszeiten zu denken — sicherlich auf dem Nahrungsmittelmarkt einen sehr gesuchten Stoff.

Es ist jedoch jeder Versuch, Ersatzmaterial in obigem Sinne zu beschaffen, mit allen Mitteln unbedingt zu unterstützen.

Was das unresorbierbare Material anlangt, wurde hier die aus-

ländische Seide beinahe ganz durch den einheimischen Rohleinenzwirn verdrängt.

Der Preis des Nahtmaterials soll so niedrig wie möglich gehalten werden, ohne daß jedoch die Qualität der Erzeugnisse eine Einbuße erleidet. Für die Verwendung gilt äußerste Sparsamkeit, in der Regel muß billiges, dabei aber hochwertiges Material verbraucht und nur in indizierten Fällen soll zu kostspieligen Materialien gegriffen werden.

Soll beim Verbrauch von Nahtmaterial rationell umgegangen werden, dann ist auch zu beachten, daß die Verpackungsfrage genügende Beachtung findet. Oft kann man gezwungen sein, Verpackungen nach dem Anbrechen, durch das sie unsteril werden, fortzuwerfen, obwohl nur ein kleiner Teil verbraucht wurde. Will man diesen unnützen Verschleiß vermeiden, dann kann man sich entweder für ein Material entscheiden, das nach dem Anbrechen durch Kochen oder Erhitzen in strömendem Dampf keimfrei gemacht wird, oder man wählt eine Verpackungsart, die es zuläßt, daß eine beliebige Menge des Nahtmaterials entnommen wird, ohne daß dabei der Rest unsteril wird. Nach Umständen wird es zweckmäßig sein, beide Methoden zu vereinen. Die Frage der Wiederverwendung von angebrochenem oder unsterilem Nahtmaterial ist besonders bei den Einheiten zu beachten, bei denen es sich um häufig wechselnde Einsatzorte handelt, oder in den Fällen, in denen beim Transport oder durch feindliche Feuerwirkung Packungen unsteril geworden sind.

Die geringe Größe des zur Verfügung stehenden Packraumes bei sämtlichen taktischen Einheiten — man denke hier auch an die Satteltasche des Sanitätsoffiziers — zwingt uns eine Form der Packungen zu wählen, die mittels des denkbar kleinsten Volumens es erlaubt, daß eine möglichst große Menge des gewünschten Materials mitgeführt werden kann. Auch das Packgewicht spielt letzten Endes eine Rolle. Nahtmaterial, das in desinfizierenden Lösungen aufbewahrt wird, kann eine beträchtliche Vermehrung des Packgewichts bedeuten, auch würde der Rauminhalt der einzelnen Packungen bedeutend zunehmen. Bruch der Verpackung könnte durch Auslaufen der Desinfektionsflüssigkeit den mitverpackten Gegenständen Schaden bringen. Diese letzteren Fragen spielen besonders beim Nahtmaterial Synthofil A eine Rolle, da es zur Aufbewahrung eine besondere Flüssigkeit verlangt. Auch das Packmaterial selbst verdient Beachtung. Es soll den Inhalt vor Temperatur- und Witterungseinflüssen schützen sowie nach Möglichkeit eine Beschädigung desselben verhindern. Es soll außerdem aus einem Stoffe bestehen, der durch die Desinfizientien, die im Nahtmaterial gelagert sind, nicht angegriffen wird. Nur die Beachtung dieser Punkte wird es ermöglichen, dem Naht-

material seine hochwertigen Eigenschaften bis zum Moment des Verbrauches zu gewährleisten.

Im Ernstfall gilt es die Übersicht über das zur Verfügung stehende Hilfsmaterial nicht zu verlieren. Hierzu würde z. B. eine reichhaltige Auswahl der allerverschiedensten Nahtmaterialien führen. Neben Unstimmigkeiten im Ersatz derselben würde dies auch die Wirtschaft und Industrie durch Komplizierung der Herstellung belasten. Es wird daher gut sein, sich mit einigen Stärken der gebräuchlichsten Fäden, etwa mit drei, fein, mittel und stark, höchstens dazu noch extrafein und extrastark zu begnügen.

Betrachten wir nun nach diesen Gesichtspunkten das heute vorhandene Nahtmaterial hinsichtlich seiner Verwendung bei der kämpfenden Truppe, dann müssen wir wieder die Art der Verletzungen und den Ort, wo die ärztliche Versorgung stattfindet, ins Auge fassen.

Im allgemeinen werden für versenkte Nähte resorbierbare, für Hautnähte unresorbierbare Materialien zur Anwendung gelangen. Ausnahmen davon bilden Sehnen- und Gefäßnähte sowie Unterbindungen von größeren Gefäßen, wozu wir unresorbierbare Fäden vorziehen. Wir haben oben gesehen, daß unresorbierbares Material stets als Fremdkörper einheilt und daher ständig einer tertiären Infektion ausgesetzt ist. Diese Gefahr besteht besonders bei den Kriegsverletzungen, welche stark durch Keime aller Art verschmutzt sind. Darin haben wir dann die Ursache zu zahlreichen Fisteln und Fadeneiterungen zu suchen, durch die eine Heilung wesentlich beeinträchtigt und verzögert wird. Um diese Gefahr zu beschränken, benötigen wir ein Material, das nicht nur steril, sondern auch noch dazu mit antiseptischen Stoffen behandelt ist.

Der Zustand der Wunden wird, was die Wundinfektion betrifft, bei derselben taktischen Einheit im allgemeinen der gleiche sein. So wird es sich auf dem Truppenverbandplatz im großen ganzen um ganz frische Verletzungen handeln. Auf ihm wird sich der Truppenarzt wegen der ungünstigen Ortsverhältnisse und des überreichen Zustroms an Verletzungen damit begnügen müssen, die Wunden notdürftig zu versorgen und nur ab und zu eine stärkere Blutung zu stillen. Es wird zu diesem Zweck und zur Versorgung kleinerer Verletzungen ausreichend sein, ihn mit einem unresorbierbaren Nahtmaterial auszustatten in Form von stärkerem Zwirn, der schon steril verpackt zur Verwendung kommen kann. Die Verpackung geschieht sehr einfach in Glasampullen, in denen der Zwirn aufgespult ist und durch eine Öffnung herausgezogen werden kann. Man muß dabei aber beachten, das erste Stück des Fadens, das unsteril ist, zu entfernen. Außerdem wird es manchmal nötig sein, dem Zwirn für klei-

nere Eingriffe, vor allem zur Gefäßunterbindung eine kleine Menge von starkem Catgut mitzugeben.

Der von der Sanitätskompanie aufgestellte Hauptverbandplatz ist der Platz für dringliche Operationen, wie Tracheotomien, Verschluß des offenen Pneumothorax. Auf ihm wird auch die Mehrzahl der primären Wundversorgungen stattfinden müssen. Hinsichtlich des Nahtmaterials ist er daher in ausreichender Menge mit allen Arten auszustatten. An nichtresorbierbarem Nahtmaterial wird auch hier der Rohleinenzwirn in 3 Stärken auszuwählen sein. Entsprechend der reichen Tätigkeit gilt es, größere Packungen zu wählen, als sie beim Truppenarzt zur Anwendung kommen. Der Zwirn hat den Vorteil, daß er — unsteril geworden — ohne Verlust seiner Zugfestigkeit durch Kochen in 2% Sodalösung wieder keimfrei gemacht werden kann. Resorbierbares Material hat hier eine ungleich größere Bedeutung; zur Anwendung kommt am zweckmäßigsten das ziemlich sicher sterile Jodcatgut. Auch bei ihm wird es gut sein, es in den 3 Stärken, fein, mittel, stark, mitzunehmen. Das Hauptgewicht ist dabei auf kräftiges Material zu legen.

Im Feldlazarett werden alle jene Operationen durchgeführt, die wegen drohender Lebensgefahr nicht schon im Hauptverbandplatz durchgeführt worden sind. Es kommen auch jene Fälle in Betracht, bei denen die Verletzten nach ihrem Zustand oder nach der Art der Wunden einen Rücktransport vertragen. Hinsichtlich der Ausstattung mit Nahtmaterial wird es sich wohl im allgemeinen wenig von der des Hauptverbandplatzes unterscheiden. Bei ihm kommt auch Kruppscher Stahldraht V 2 A zur Anwendung.

Die Kriegslazarette, die ebenfalls beweglich sind, dienen dazu, alle transportfähigen Verwundeten zu sammeln und die Belegung eines Feldlazarettes im Falle dessen Neueinsatzes aufzunehmen. Sie sind weiter zurückliegende Einsatzlazarette und haben daher die Eigenart, verhältnismäßig stationär zu sein, d. h. sie sind nicht wie die Feldlazarette gezwungen, in wenigen Stunden marschbereit zu sein. Es ist daher möglich, bei ihrer Ausstattung sich nicht nur auf die einfachsten technischen Geräte zu beschränken. Diese reichhaltigere Ausrüstung kann sich auch auf das Gebiet des Nahtmaterials erstrecken, so daß diese Einheit hinsichtlich Art und Stärke der Materialien wesentlich reichhaltiger ausgestattet sein darf. Allerdings kann entsprechend den Kriegsverhältnissen eine gewisse Beschränkung nicht außer acht gelassen werden. Eine notwendige Reichhaltigkeit des vorhandenen Nahtmaterials resultiert aus der Tatsache, daß wir es hier im Kriegslazarett nicht nur mit den dringendsten chirurgischen Eingriffen zu tun haben, sondern daß dessen Operationsprogramm sich weitestgehend dem der Friedenskliniken angleicht.

Zusammenfassung.

Die Frage der Verwendung von Nahtmaterial im Frieden ist einfach, da Material aller Herkunft in genügender Menge zur Verfügung steht.

Schwieriger gestaltet sich die Auswahl des bei der kämpfenden Truppe verwendeten Nahtmaterials.

1. Es ist nötig, ein für die Kriegsverletzungen geeignetes Nahtmaterial auszuwählen,
2. muß der Kriegsbedarf durch die Heimatindustrie sichergestellt sein.

Zu 1) Ein solches Material muß vor allem neben den allgemeinen Eigenschaften absolute Sterilität, genügende Zugfestigkeit und Sicherheit gegenüber sekundärer und tertiärer Infektion besitzen. Es soll außerdem nach Möglichkeit nachsterilisierbar sein. Zu 2) Schon in Friedenszeiten hat ein ausreichender Vorrat ständig bereitzuliegen.

Bei Auslandsmaterial muß auch für einen länger dauernden Krieg genügend Nahtmaterial, wenigstens als Ausgangsprodukt, vorrätig sein.

Bei inländischen Erzeugnissen so viel, daß die Industrie in der Lage ist, den Nachschub zu sichern.

Großer Wert ist auf Billigkeit der in großer Menge gebrauchten Nahtmaterialien zu legen. Ein unnötiger Mehrverbrauch wird durch zweckmäßige Verpackung verhindert, ein unnötiger Verlust des gelagerten Materials ist durch Friedensverbrauch in Lazaretten und Kliniken vor Ablauf der Garantiezeit zu vermeiden.

Zur Vereinfachung der Herstellung sind die Fadenstärken auf 3 bis 5 zu beschränken.

Nach diesen Gesichtspunkten steht unter den nichtresorbierbaren Materialien der Zwirn als Rohleinenzwirn, gebrauchsfertig, trocken, in Glasampullen, an erster Stelle.

Seide ist nur für besondere Zwecke zu wählen.

Synthofil dürfte der nicht völligen Knotensicherheit sowie der komplizierten Aufbewahrung wegen nicht in Frage kommen.

Von Drahtsorten scheint sich Kruppstahldraht V 2 A am besten zu eignen.

Beim resorbierbaren Material kommen in Betracht: das Jodcatgut, das erst physikalisch vorsterilisiert, dann chemisch nachbehandelt wird. Wenn es auch nicht sicher steril ist, so ist doch die Virulenz der in ihm enthaltenen Keime in hohem Maße geschädigt.

Carnofil zeigt trotz zahlreicher guter Eigenschaften geringe Zugfestigkeit und zu große Rauhigkeit, die seine Verwendung für die Naht erschwert.

Es ist jeder Versuch, ein resorbierbares Material zu finden, das uns vom ausländischen Catgut unabhängig macht, und sicher steril ist, nach Möglichkeit zu unterstützen.

Am Schluß meiner Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, dem Leiter des Urbankrankenhauses in Berlin, Herrn Professor Dr. E. Gohrbandt, für die Zuweisung des Themas, für seine Anregungen und seine Mühewaltung meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Literatur.

Arendt, Zbl. f. Chir. 36/370 und 836.

v. Brandis, Zbl. f. Chir. 36/7.

Braun, Inaug.Diss. 1935.

Bosse, D. Med. W.Schr. 41/1935.

Birkenfeld, Fortschritte der Ther. 6/743.

Bertelsmann, Zbl. f. Chir. 568.

Claudius, Zbl. f. Chir. 23/1501.

Christ, Zbl. f. Chir. 31/1026.

Clock, Mü. Med. W.Schr. 33/I 598.

Drigalski, Deutsche Med. W.Schr. 41/35.

Dureck, D.Z. Schr. f. Chir. 1925/189.

Dienstvorschrift f. Behandlung des Sanitätsgeräts 1912.

Franz, Lehrbuch der Kriegschirurgie.

Gohrbandt E., „Die Nahtchirurgie" in Kirschner-Nordmann „Die Chirurgie".

Geissendörfer, Bruns Beiträge zur klinischen Chirurgie 165/42.

Hühne, Zbl. f. Chir. 32/576.

Hahn und Walther, Klin. W.Schr. 31/30.

Haefen, Chirurg. 1936/910, Bruns Beiträge z. Klin. Chirurg. 158/449.

König, Zbl. f. Chir. 1936/173, 377.

Konrich, Zbl. f. Chir. 1933/1433, 1935/420.

Kottlers, Chirurg 4—61/883.

Krecke, Mü. Med. W.Schr. 1933/I 598.

v. Lingen, Zbl. f. Chir. 1932/1506.

Lange, Zbl. f. orthop. Chir. 1929/51.

Linhart, Zbl. f. Chir. 34/2889.

Linde, Zbl. f. Chir. 32/1506, Bruns Beiträge zur klin. Chir. 155/535.

Puppel, Zbl. f. Gynäk. 11/1936, 1936/19.

Polano, Zbl. f. Chir. 32/147.

Reil, Chir. 4/17.

Storp, Zbl. f. Chir. 32/2866, 31/46, Chirurg 4/799, Veröff. f. d. Heeres-San.-Wesen Heft 93.

Schmitt-Lange, Mü. Med. W.Schr. 35/I 585.

Stalf, Chirurg 19/20, 37.

Veröffentlichungen f. d. Heeres-San.-Wesen Heft 44/93.

Lebenslauf.

Am 6. November 1913 bin ich in Regensburg als Sohn des nunmehrigen Oberstudienrates a. D. Alfred Neff in München geboren. Im Jahre 1932 absolvierte ich das Wilhelmsgymnasium in München, wählte den ärztlichen Beruf und studierte zunächst 5 Semester in München. 1934 unterzog ich mich der medizinischen Vorprüfung. Nach einsemestrigem Studium in Erlangen bezog ich die Universität in Berlin, an der ich nach weiteren 5 Semestern am 27. 10. 1937 die medizinische Hauptprüfung bestand. Am 1. 11. 1934 trat ich als Fahnenjunker (i. San.-Korps) in das Heer ein. Vom 1. 4. 1935 bis zum 31. 10. 1937 war ich an der Militärärztlichen Akademie in Berlin und wurde am 1. 11. 1937 als Unterarzt an das Standortlazarett München versetzt, wo ich mein praktisches Jahr ableistete. Am 1. 11. 1938 erhielt ich die Bestallung als Arzt. Am gleichen Tage wurde ich zum Assistenzarzt befördert und wirke gegenwärtig in Landshut i. B.